

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Mikio OKUMURA et al.

Serial No.: To be assigned

Art Unit: To be assigned

Filed: Herewith

Examiner: To be assigned

For: LIGHT DEFLECTOR AND METHOD FOR  
DRIVING LIGHT DEFLECTOR

Atty Docket: 21994/0040

**SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT(S) and  
CLAIM TO PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

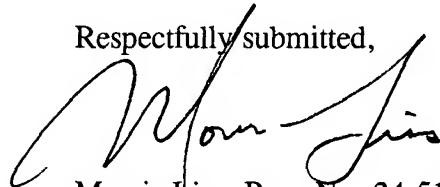
Sir:

Priority under 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed to the following priority document(s), certified copies of which are enclosed. The documents were filed in a foreign country within the proper statutory period prior to the filing of the above-referenced United States patent application.

<u>Priority Document Serial No.</u>	<u>Country</u>	<u>Filing Date</u>
<u>2001-036638</u>	<u>Japan</u>	<u>February 14, 2001</u>
<u>2001-373820</u>	<u>Japan</u>	<u>December 7, 2001</u>

Acknowledgement of this claim and submission in the next official communication is respectfully requested.

Respectfully submitted,



Morris Liss, Reg. No. 24,510  
Connolly Bove Lodge & Hutz LLP  
1990 M Street, N.W.  
Washington, D.C. 20036-3425  
Telephone: 202-331-7111

Date: February 14, 2002

#4  
6/24/02  
amt  
1c879 U.S. PTO  
10/074226  
02/14/02

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2001年12月 7日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2001-373820

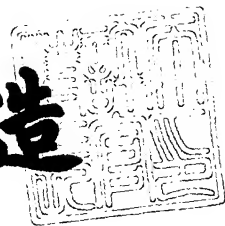
出 願 人  
Applicant(s):

日本ビクター株式会社

2001年12月28日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3111842

【書類名】 特許願

【整理番号】 413001166

【提出日】 平成13年12月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/08

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地      日本  
                        ビクター株式会社内

    【氏名】 奥村 実紀男

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地      日本  
                        ビクター株式会社内

    【氏名】 菅野 泰弘

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地      日本  
                        ビクター株式会社内

    【氏名】 荘 曜暢

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地      日本  
                        ビクター株式会社内

    【氏名】 井関 隆之

【特許出願人】

    【識別番号】 000004329

    【氏名又は名称】 日本ビクター株式会社

    【代表者】 寺田 雅彦

    【電話番号】 045-450-2423

【先の出願に基づく優先権主張】

    【出願番号】 特願2001- 36638

    【出願日】 平成13年 2月14日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003654

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光偏向器及びその駆動方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

板状のミラーと、

当該ミラーの外縁端部に接続し、当該ミラーと同一平面内でその外縁に沿って配設した板状の細長い支持体と、

当該支持体を保持する枠部と、

前記支持体を凹凸に反り変形させる駆動手段とを有することを特徴とする光偏向器。

【請求項 2】

前記ミラーの同一面内で略中心で直交する 2 直線であって、且つその少なくとも一方が前記ミラーと前記支持体との接続部を通る 2 直線によって 4 分割された分割領域に対応する前記支持体の表面領域のいずれにも前記駆動手段が備えられていることを特徴とする請求項 1 記載の光偏向器。

【請求項 3】

前記支持体は 1 本の支持体であって、前記ミラーの外縁に沿って略 3 6 0 度にわたって周回して配設されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光偏向器。

【請求項 4】

前記支持体は 2 本の同一形状の支持体であって、前記ミラーの外縁に沿って略 1 8 0 度にわたって同方向に半周し、かつ互いに略 1 8 0 ° ずれて配設されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光偏向器。

【請求項 5】

前記支持体は、前記ミラーの中心を円の中心とする異なる半径の複数の支持体からなり、半径方向に互いに隣接した前記支持体の隣接する端部を互いに接続して連続した一本の支持体を構成したことを特徴とする請求項 3 または 4 のいずれかに記載の光偏向器。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 4 に記載の光偏向器の駆動方法であって、

前記ミラーの中心に対して互いに対称に位置する前記駆動手段に与える印加電圧が初期状態におけるバイアス電圧に対して共にゼロまたは逆極性となるようにし、かつその絶対値が等しくなるように制御することを特徴とする光偏向器の駆動方法。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の光偏向器の駆動方法であって、

前記ミラーの中心に対して互いに対称に位置する前記駆動手段に与える印加電圧が初期状態におけるバイアス電圧に対して共にゼロまたは逆極性となるようにし、かつその絶対値が等しくなるようにするとともに、前記同一の分割領域に配設された前記複数の駆動手段に与える印加電圧が初期状態におけるバイアス電圧に対して共にゼロまたは半径方向に極性が交互に変化するように制御することを特徴とする光偏向器の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ミラーを傾斜させて光偏向を行う光偏向器及びその駆動方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光情報通信分野において、複数の光ファイバー間を必要に応じて光路の切り替えをするクロスコネクタ用スイッチとして光偏向器を適用したものがある。この場合、光偏向器は光ファイバーの数だけマトリクス状に配置される。

【0003】

クロスコネクタ用の光偏向器には、小型で偏向角が大きく高速スイッチング性が要求される。かかる要求に応えた光偏向器として特開平 8 - 3 2 0 4 4 1 号公報に開示されたミラー偏向器がある。

【0004】

当該ミラー偏向器は、図 1 8 に示したようにミラー部 9 1 と、このミラー部 9 1 を一端で保持すると共に当該ミラー部 9 1 に偏向動作を付勢する圧電素子部 9 2 と、この圧電素子部 9 2 の他端部を固定する固定基板 9 3 とを備えている。

圧電素子部 9 2 は同一長さで同一形状の四本の圧電素子 9 2 a、9 2 b、9 2 c、9 2 d により構成されている。そして、この四本の圧電素子 9 2 a、9 2 b、9 2 c、9 2 d は、各々の圧電素子の伸縮方向に平行な側面のうちの二面を互いに異なる他の圧電素子の側面とループ状に接続し一体化されて全体的に柱状構造に形成されている。

#### 【 0 0 0 5 】

この従来技術になる光偏向器は次のように動作する。

圧電素子 9 2 a、9 2 b への印加電圧を圧電素子 9 2 c、9 2 d への印加電圧より大きくすると、ミラー部 9 1 は同図の  $\theta$  方向に偏向する。また、圧電素子 9 2 a、9 2 d への印加電圧を圧電素子 9 2 b、9 2 c への印加電圧より大きくすると、ミラー部 9 1 は  $\phi$  方向へ偏向する。このように、圧電素子 9 2 a、9 2 b、9 2 c、9 2 d への印加電圧を制御することにより、ミラー部 9 1 は  $\theta$ 、 $\phi$  方向の偏向が可能となる。

#### 【 0 0 0 6 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上記の光偏向器は、駆動点がミラー 9 1 の中心部に集約されているので、ミラー偏向角を大きくすることができ、また高速なミラー偏向駆動ができるという特徴を有する。

しかし、上記の従来技術になる光偏向器は、バルク型の光偏向器であるため、小型化が困難であり、光偏向器をマトリクス状に稠密に配列して形成することが困難である。

本発明は、懸かる問題を解決するためになされたものであり、マイクロマシニング技術を用いて作製することができる、小型で且つ少ないエネルギーでもって大きな偏向角の得られる光偏向器及びその駆動方法を提供することを目的とする。

#### 【 0 0 0 7 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る光偏向器及びその駆動方法の第1の発明は、板状のミラーと、当該ミラーの外縁端部に接続し、当該ミラーと同一平面内でその外縁に沿って配設した板状の細長い支持体と、当該支持体を保持する枠部と、前記支持体を凹凸に反り変形させる駆動手段とを有することを特徴とする光偏向器を提供する。

第2の発明は、前記ミラーの同一面内で略中心で直交する2直線であって、且つその少なくとも一方が前記ミラーと前記支持体との接続部を通る2直線によって4分割された分割領域に対応する前記支持体の表面領域のいずれにも前記駆動手段が備えられていることを特徴とする請求項1記載の光偏向器を提供する。

第3の発明は、前記支持体は1本の支持体であって、前記ミラーの外縁に沿って略360度にわたって周回して配設されていることを特徴とする請求項1または2記載の光偏向器を提供する。

第4の発明は、前記支持体は2本の同一形状の支持体であって、前記ミラーの外縁に沿って略180度にわたって同方向に半周し、かつ互いに略180°ずれて配設されていることを特徴とする請求項1または2記載の光偏向器を提供する。

第5の発明は、前記支持体は、前記ミラーの中心を円の中心とする異なる半径の複数の支持体からなり、半径方向に互いに隣接した前記支持体の隣接する端部を互いに接続して連続した一本の支持体を構成したことを特徴とする請求項3または4のいずれかに記載の光偏向器を提供する。

第6の発明は、請求項1乃至4に記載の光偏向器の駆動方法であって、前記ミラーの中心に対して互いに対称に位置する前記駆動手段に与える印加電圧が初期状態におけるバイアス電圧に対して共にゼロまたは逆極性となるようにし、かつその絶対値が等しくなるように制御することを特徴とする光偏向器の駆動方法を提供する。

第7の発明は、請求項5に記載の光偏向器の駆動方法であって、前記ミラーの中心に対して互いに対称に位置する前記駆動手段に与える印加電圧が初期状態におけるバイアス電圧に対して共にゼロまたは逆極性となるようにし、かつその絶対値が等しくなるようにするとともに、前記同一の分割領域に配設された前記複



数の駆動手段に与える印加電圧が初期状態におけるバイアス電圧に対して共にゼロまたは半径方向に極性が交互に変化するように制御することを特徴とする光偏向器の駆動方法を提供する。

#### 【 0 0 0 8 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の各実施の形態について図 1 乃至図 1 7 を参照して説明する。

図 1 は本発明の光偏向器の第 1 実施形態を示した概略斜視図である。

図 1 において、1 は光偏向器であり、円盤状のミラー 2 と、板状の細長い支持体 3 と、枠部 4 とを有し、支持体 3 はミラー 2 と同一平面内であって、その外周に沿って周回（図 1 では 1 周略 3 6 0 度）して備えられ、その一端をミラー 2 の外縁端部（以下、単に端部と記す）2 a に接続してこれを支持し、他端を枠部 4 の接続部 4 a に接続して保持されている。

#### 【 0 0 0 9 】

また、ミラー 2 の中心 O とミラー 2 の端部 2 a とを結ぶ線を X 軸とし、中心 O を通りミラー 2 の面内で X 軸に直交する線を Y 軸としたとき、X 軸及び Y 軸がミラー 2 の面を 4 分割して得られる第 1 象限に対応した支持体 3 の表面領域（以下、単に領域とも記す）3 a には駆動手段 5 a が、第 2 象限に対応した支持体 3 の表面領域 3 b には駆動手段 5 b が、第 3 象限に対応した支持体 3 の表面領域 3 c には駆動手段 5 c が、また、第 4 象限に対応した支持体 3 の表面領域 3 d に駆動手段 5 d が備えられている。

#### 【 0 0 1 0 】

駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d は、図 2 に示すように圧電薄膜 5 1 を表裏面から電極 5 2 と電極 5 3 で挟持した構成を有しており、図 1 における Z 軸方向（ミラー 2 の法線方向）に略同一の凹凸の反り変形特性を呈するようにされている。また、駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d に対して制御電圧を供給する図示せぬ配線は、支持体 3 の表面に沿って備えられている。

#### 【 0 0 1 1 】

次に、本発明の第 1 実施形態に係る光偏向器の動作を、図 1、図 3 乃至図 5 を参照して説明する。この際、以下の実施形態の説明は全て簡略化のため、初期状

態におけるバイアス電圧は 0 の場合で説明するが、バイアスがある場合はすべてバイアス電圧からの相対値に置き換えることにより同様に説明できる。

図 3 は、本発明の光偏向器で偏向された光の投影領域を示したものであり、ここでは説明の便宜上 8 角形で示している。また、図 4 は、図 3 における投影位置とそのときの各駆動手段の駆動状態を示した図であり、図 5 は図 4 の主な駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。

#### 【 0 0 1 2 】

なお、図 1 及び図 5 中、点 e、f、g、h は、それぞれに対応してミラー 2 における -Y 軸方向の周縁部、ミラー 2 における -X 軸方向の周縁部、ミラー 2 における Y 軸方向の周縁部、ミラー 2 における X 軸方向の周縁部である。また、点 e f、f g、g h、e h は、それぞれに対応してミラー 2 上の周縁部における点 e と点 f の中間点、ミラー 2 上の周縁部における点 f と点 g の中間点、ミラー 2 上の周縁部における点 g と点 h の中間点、ミラー 2 上の周縁部における点 e と点 h の中間点である。

#### 【 0 0 1 3 】

図 3 において、0-1（または、0-5）軸は x 軸を示し、点 1 は +x 方向を示す。また、0-3（または、0-7）軸は y 軸を示し、点 3 は +y 方向を示す。そして、上記 x 軸、y 軸方向は共に図 1 における光偏向器の X 軸、Y 軸方向と対応している。

#### 【 0 0 1 4 】

図 4 において、+1 の表示は、駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d に対して正の印加電圧（印加電界と等価である）を与えたことを示し、かつ圧電薄膜 5 1 が最大伸び変形を生成していることを示している。このとき、支持体 3 の対応領域はその表面に駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d を備えているため、バイメタルと同様の効果により表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、-1 の表示は、駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d に対して負の印加電圧を与えたことを示し、かつ圧電薄膜 5 1 が最大縮み変形を生成していることを示している。このとき、支持体 3 の対応領域は上記とは逆に表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、0 は初

期状態から何ら反り変形を発生させる駆動をしない状態にあることを示している。

#### 【0015】

本発明の第1実施形態に係る光偏向器1は、支持体3の4箇所の表面領域に備えた駆動手段5a、5b、5c、5dを所定のルールに基づいて駆動制御することにより、任意に傾斜軸を生成させ任意の方向への光偏向を可能にしたものである。

この場合、ミラー2の傾斜は、駆動手段5a、5b、5c、5dに係る圧電薄膜51の伸縮変形に伴う支持体3の対応領域の反り変形、及び捻れ変形の複合作用によって生成される。捻れ変形の生成は、支持体3をミラー2の外周に沿って周回させて備えたことに起因しており、これによって3次元的な変形成分が生成され、支持体3に捻れ変形を生じさせているものと解釈することができる。また、この捻れ変形の生成が、ミラー2を任意の方向に傾斜させる大きな要因となっていると考えられる。

#### 【0016】

これについては、例えば、ANSYS社の解析ソフトANSYS Multi Physicsを用いた圧電-構造連成解析法により確認することができる。以下に、発明者が圧電-構造連成解析法に基づいて、本発明の第1実施形態に係る光偏向器1の動作をシミュレーションして見出した駆動手段5a、5b、5c、5dの各駆動状態と、そのときのミラー2の傾斜方向との関係から第1実施形態の動作を説明することとする。

#### 【0017】

先ず、図3において、光を中心0から点1に偏向する場合を説明する。この場合、図4に示すように、駆動手段5a、5bは+1（伸び変形）、駆動手段5c、5dは-1（縮み変形）で駆動される。このとき、駆動手段5a、5bに対応する支持体3の領域3a、3bは表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、駆動手段5c、5dに対応する支持体3の領域3c、3dは表面が凹で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。上記のような支持体3の相互作用による変形の結果、図1または

図 5 (a) に示すミラー 2 の点 f が最上点方向となり点 h が最下点方向となり、ミラー 2 は図 1 の Y 軸を中心として回転し、図 5 (a) に示すように反射面を + X 方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 1 方向に偏向されることになる。

## 【 0 0 1 8 】

次に、図 3 において、光を中心 0 から点 2 に偏向する場合には、駆動手段 5 b が + 1 (伸び変形)、駆動手段 5 d が - 1 (縮み変形)、また、駆動手段 5 a、5 c が 0 (初期状態) で駆動される。このとき、駆動手段 5 b に対応する支持体 3 の領域 3 b は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、また、駆動手段 5 d に対応する支持体 3 の領域 3 d は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。駆動手段 5 a、5 c に対応する支持体 3 の領域 3 a、3 c は反り変形を発生させる駆動状態にならない。上記のような支持体 3 の相互作用による変形の結果、図 1 または図 5 (b) に示すミラー 2 の点 e f が最上点方向となり点 g h が最下点方向となり、図 1 の - 4 5° 軸を中心として回転し、図 5 (b) に示すように第 1 象限方向に反射面を向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 2 の方向に偏向されることになる。

## 【 0 0 1 9 】

また、図 3 において、光を中心 0 から点 3 に偏向する場合には、駆動手段 5 b、5 c が + 1 (伸び変形)、駆動手段 5 a、5 d が - 1 (縮み変形) で駆動される。このとき、駆動手段 5 b、5 c に対応する支持体 3 の領域 3 b、3 c は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 5 a、5 d に対応する支持体 3 の領域 3 a、3 d は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。上記のような支持体 3 の相互作用による変形の結果、図 1 または図 5 (c) に示すミラー 2 の点 e が最上点方向となり点 g が最下点方向となり、ミラー 2 は図 1 の X 軸を中心として回転し、図 5 (c) に示すように反射面を + Y 方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 3 の方向に偏向されることになる。

## 【 0 0 2 0 】

さらにまた、図3において、光を中心0から点4に偏向する場合には、駆動手段5b、5dは0（初期状態）、駆動手段5aは-1（縮み変形）、駆動手段5cは+1（伸び変形）で駆動される。この場合、駆動手段5aに対応する支持体3の領域3aは表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段5cに対応する支持体3の領域3cは表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、駆動手段5b、5dに対応する支持体3の領域3b、3dは反り変形を発生させる駆動状態にならない。上記のような支持体3の相互作用による変形の結果、図1または図5（d）に示すミラー2の点e hが最上点方向となり点f gが最下点方向となり、ミラー2は図1の+45°軸を中心として回転し、図5（d）に示すように第2象限方向に反射面を向けて傾斜する。こうして、ミラー2における反射光は点4の方向に偏向されることになる。

#### 【0021】

また、図3の点5、点6、点7、点8方向への光の偏向は、上記点1、点2、点3、点4方向への偏向における制御と逆位相の制御により達成できる。

以上詳述したように、各駆動手段5a、5b、5c、5dに対して図4に示す駆動制御を行うことにより、光を図3の8点方向に偏向することが可能となる。さらに、各駆動手段5a、5b、5c、5dの変形量を適当に制御すれば、図3の8角形で示した投影領域内の任意の点に光を偏向させることも可能である。例えば、図3における点1と点2の中間位置への光の偏向は、駆動手段5aを+0.5で、また、駆動手段5cを-0.5で駆動すれば可能となる。

#### 【0022】

なお、上記ミラーの回動駆動において注意すべき点は、駆動手段5a、5b、5c、5dに対する印加電圧（圧電薄膜51の変形量に比例）が、ミラー2の中心に対して互いに点対称の関係に位置する上記駆動手段5aと5c、及び5bと5dに対しては、共にゼロまたは逆極性となるように与えたとともに、その絶対値が等しくなるようにすることが必要である。このルールを無視した場合には、ミラー2は回転動作を呈するものの、当該ミラー2のZ方向への並進成分の動きを伴い、安定した重心位置での偏向動作をさせることができない。

## 【 0 0 2 3 】

本発明者が解析した第 1 実施形態の光偏向器 1 のモデルは、支持体 3 及びミラー 2 の材質を  $15\mu\text{m}$  厚のポリシリコンとし、ミラー径を  $\phi 500\mu\text{m}$ 、支持体幅を  $300\mu\text{m}$ 、また駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d として  $2\mu\text{m}$  厚のチタン・ジルコン酸鉛 (PZT) 圧電薄膜としたものである。この場合、印加電圧が  $\pm 5\text{V}$  のとき、ミラー傾斜角として  $\pm 2^\circ$  (光偏向角  $8^\circ$ ) が確認された。

## 【 0 0 2 4 】

本発明の第 1 実施形態は、上記したように 1 本の支持体 3 でミラー 2 を支持し、支持体 3 の所定の分割領域のそれぞれに、ミラー 2 の法線方向への凹凸の反り変形を呈する駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d を備え、当該駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d の反り変形量を制御してミラー 2 を任意の方向に傾斜させることができる 2 次元走査の光偏向器である。

ミラー 2 の回動は、ミラー 2 を保持する 1 本の支持体 3 の反り変形によって生じる当該支持体 3 の傾きと一体的に発生するものであるために、ミラー 2 に対しては何ら応力が加わることがない。それ故、ミラー 2 が回動してもミラー平面性を損なうことがなく、良好かつ安定した光路変更が可能となり、高性能な光偏向器 1 を提供することができる。

## 【 0 0 2 5 】

なお、上記本発明の第 1 実施形態は、駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d を支持体 3 の表面に設けたものであるが、裏面に設けても同様の作用効果が得られる。但し、この場合には、駆動制御は上述の例とは逆極性で実施される。また、上記した駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d は、温度制御により伸縮変形する熱膨張薄膜駆動型の駆動手段であっても、また、温度制御により伸縮変形する熱膨張薄膜及び形状記憶合金薄膜駆動型の駆動手段を支持体の表裏面のいずれにも備えたものでもよく、支持体 3 にミラー 2 の法線方向への凹凸の反り変形を生成させることができるものであれば如何なる駆動手段でも適用することができる。

## 【 0 0 2 6 】

次に、本発明の第 2 実施形態を図 6 を参照して説明する。

図 6 は、本発明の第 2 実施形態の光偏向器の構成を示した概略斜視図である。

図 1 と同一の要素については同一の符号を用いて示す。

図 6 において、1 0 は光偏向器であり、円盤状のミラー 2 を 2 点で支持する 2 本の板状の細長い支持体 1 1、1 2 と、枠部 4 により構成される。

上記 2 本の支持体 1 1、1 2 は、ミラー 2 と同一平面内にあるその外縁に沿って、略 1 8 0 度にわたって互いに同方向に半周し、且つ互いに略 1 8 0° ずれて備えられ、それぞれその一端を互いに中心対称をなすミラー端部 2 b、2 c に接続してミラー 2 を支持し、他端を枠部 4 の接続部 4 b、4 c に接続して保持される。

#### 【 0 0 2 7 】

また、支持体 1 1、1 2 は、ミラー端部 2 b、2 c を結ぶ直線（Y 軸）に対して、ミラー中心で直交する他の直線（X 軸）によって 4 分割された表面領域 1 1 a、1 1 b、1 2 a、1 2 b にそれぞれ駆動手段 1 3 a、1 3 b、1 4 a、1 4 b を備えている。ここで、駆動手段 1 3 a、1 3 b、1 4 a、1 4 b は、図 2 に示した駆動手段と同様に圧電薄膜を電極で挟持した構成を有している。

#### 【 0 0 2 8 】

なお、図 6 中及び図 8 中、点 i、j、k、n はそれぞれに対応してミラー 2 における X 軸方向の周縁部、ミラー 2 における -Y 軸方向の周縁部、ミラー 2 における -X 軸方向の周縁部、ミラー 2 における Y 軸方向の周縁部である。

また、点 i j、j k、k n、i n は、それぞれに対応して、ミラー 2 上の周縁部における点 i と点 j の中間点、ミラー 2 上の周縁部における点 j と点 k の中間点、ミラー 2 上の周縁部における点 k と点 n の中間点、ミラー 2 上の周縁部における点 i と点 n の中間点である。

#### 【 0 0 2 9 】

本発明の第 2 実施形態の光偏向器の動作は、図 3、図 6 乃至図 8 を参照して説明される。

図 7 は、図 3 における投影位置とそのときの各駆動手段の駆動状態を示した図であり、図 8 は図 7 の駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。

#### 【 0 0 3 0 】

先ず、図 3 における点 1 へ光偏向を行う場合には、駆動手段 1 3 a、1 4 a を +1（伸び変形）で、駆動手段 1 3 b、1 4 b を -1（縮み変形）で駆動することにより達成できる。この場合、駆動手段 1 3 a に対応する支持体 1 1 の領域 1 1 a と、駆動手段 1 4 a に対応する支持体 1 2 の領域 1 2 a は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 1 3 b に対応する支持体 1 1 の領域 1 1 b と、駆動手段 1 4 b に対応する支持体 1 2 の領域 1 2 b は表面が凹で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。上記のような支持体 1 1 および 1 2 の相互作用による変形の結果、図 6 または図 8（a）に示すミラー 2 の点 k が最上点方向となり点 i が最下点方向となり、ミラー 2 は Y 軸を中心に回転し、図 8（a）に示すように反射面を +X 方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 1 の方向に偏向されることになる。

【0 0 3 1】

また、図 3 における点 2 へ光偏向を行う場合には、駆動手段 1 3 a、1 4 b を 0（初期状態）とし、駆動手段 1 3 b を -1（縮み変形）で、駆動手段 1 4 a を +1（伸び変形）で駆動することにより達成できる。この場合、駆動手段 1 3 b に対応する支持体 1 1 の領域 1 1 b は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 1 4 a に対応する支持体 1 2 の領域 1 2 a は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、駆動手段 1 3 a、1 4 b に対応する支持体 1 1、1 2 の領域 1 1 a、1 2 b は反り変形を発生させる駆動状態にない。従って、上記のような支持体 1 1 および 1 2 の相互作用による変形の結果、図 6 または図 8（b）に示すミラー 2 の点 j k が最上点方向となり点 i n が最下点方向となり、ミラー 2 は -45° 軸を中心に回転し、図 8（b）に示すように反射面を第 1 象限方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 2 の方向に偏向されることになる。

【0 0 3 2】

また、図 3 における点 3 へ光偏向を行う場合には、駆動手段 1 3 a、1 3 b を -1（縮み変形）で、駆動手段 1 4 a、1 4 b を +1（伸び変形）で駆動するこ



とにより達成できる。この場合、駆動手段 1 3 a、1 3 b に対応する支持体 1 1 の領域 1 1 a、1 1 b は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 1 4 a、1 4 b に対応する支持体 1 2 の領域 1 2 a、1 2 b は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。従って、上記のような支持体 1 1 および 1 2 の相互作用による変形の結果、図 6 または図 8 (c) に示すミラー 2 の点 j が最上点方向となり点 n が最下点方向となり、ミラー 2 は X 軸を中心に回転し、図 8 (c) に示すように反射面を + Y 方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 3 の方向に偏向されることになる。

#### 【 0 0 3 3 】

また、図 3 における点 8 へ光偏向を行う場合には、駆動手段 1 3 a を + 1 (伸び変形) で、駆動手段 1 4 b を - 1 (縮み変形) で、駆動手段 1 3 b、1 4 a を 0 (初期状態) で駆動することにより達成できる。この場合、駆動手段 1 3 a に対応する支持体 1 1 の領域 1 1 a は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 1 4 b に対応する支持体 1 2 の領域 1 2 b は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、駆動手段 1 3 b、1 4 a に対応する支持体 1 1、1 2 の領域 1 1 b、1 2 a は反り変形を発生させる駆動状態にない。従って、上記のような支持体 1 1 および 1 2 の相互作用による変形の結果、図 6 または図 8 (d) に示すミラー 2 の点 k n が最上点方向となり点 i j が最下点方向となり、ミラー 2 は + 4 5 ° 軸を中心に回転し、図 8 (d) に示すように反射面を第 4 象限方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 8 の方向に偏向されることになる。

#### 【 0 0 3 4 】

他の方向への光偏向は、同様にして駆動手段 1 3 a、1 3 b、1 4 a、1 4 b の変形をそれぞれ適当に制御することにより達成される。さらに、駆動手段 1 3 a、1 3 b、1 4 a、1 4 b の変形量をそれぞれ適当に制御すれば図 3 の投影領域の任意の点へ光を偏向することが可能となる。

なお、駆動手段 1 3 a、1 3 b、1 4 a、1 4 b の制御における注意点は、第

1 実施形態の説明と同様であるので、ここでの説明は割愛する。

【 0 0 3 5 】

本発明の第2実施形態の光偏向器10は、上述したように、ミラー2の外周に沿って略180度にわたってそれぞれ同方向に半周して備えた2本の支持体11、12でミラー2を支持し、各支持体11、12について所定の分割領域に、電圧制御でミラー2の法線方向への凹凸の反り変形動作をなす圧電薄膜からなる駆動手段13a、13b、14a、14bを備えたものである。本発明の第2実施形態もその駆動手段13a、13b、14a、14bは圧電薄膜を用いた場合を例に説明したが、第1実施形態と同様にこれに限定されるものではない。

【 0 0 3 6 】

次に、本発明の第3実施形態について説明する。

図9は、本発明の第3実施形態に係る光偏光器の概略斜視図である。図1と同一の要素については同一の符号を用いて示す。

図9において、20は光偏向器であり、円盤状のミラー2を4点で支持する4本の板状の細長い支持体21、22、23、24と、枠部4により構成されている。

上記4本の支持体21、22、23、24は、ミラー2と同一平面内においてその外周に沿って略90°にわたって互いに同方向に1/4周して備えられ、それぞれその一端を互いに90°だけずれたミラー端部2a、2b、2c、2dに接続してミラー2を支持し、他端を枠部4の接続部4a、4b、4c、4dに接続して保持される。

【 0 0 3 7 】

また、支持体21、22、23、24は、表面領域21a、22a、23a、24aに対応して駆動手段25、26、27、28を備えている。ここで、駆動手段25、26、27、28は、図2に示した駆動手段と同様に圧電薄膜を電極で挟持した構成を有している。

【 0 0 3 8 】

なお、図9中、点2a、2b、2c、2dはそれぞれに対応してミラー2におけるX軸方向の周縁部、ミラー2における-Y軸方向の周縁部、ミラー2におけ

る Y 軸方向の周縁部、ミラー 2 における - X 軸方向の周縁部である。

また、点 2 a b、2 b d、2 c d、2 a c は、それぞれに対応して、ミラー 2 上の周縁部における点 2 a と点 2 b の中間点、ミラー 2 上の周縁部における点 2 b と点 2 d の中間点、ミラー 2 上の周縁部における点 2 c と点 2 d の中間点、ミラー 2 上の周縁部における点 2 a と点 2 c の中間点である。

【 0 0 3 9 】

次に、本発明の第 3 実施形態の動作を説明する。ここで、上記ミラー 2 の端部 2 a、2 d を結ぶ直線を X 軸とし、端部 2 b、2 c を結ぶ直線を Y 軸とする。そして、これら X 軸、Y 軸を図 3 の座標軸と対応させて以下の説明を行う。また、ミラー 2 の法線方向を Z 軸と設定する。

本発明の第 3 実施形態に係る光偏向器の動作は、図 3、図 9 乃至図 1 1 を参照して説明される。

図 1 0 は、図 3 における投影位置とそのときの各駆動手段の駆動状態を示した図であり、図 1 1 は図 1 0 の駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。

【 0 0 4 0 】

まず、図 3 における点 1 へ光偏向を行う場合には、駆動手段 2 5、2 6 を + 1（伸び変形）で、駆動手段 2 7、2 8 を - 1（縮み変形）で駆動することにより達成することができる。この場合、駆動手段 2 5 に対応する支持体 2 1 の領域 2 1 a 及び駆動手段 2 6 に対応する支持体 2 2 の領域 2 2 a は伸び変形のため表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 2 7 に対応する支持体 2 3 の領域 2 3 a 及び駆動手段 2 8 に対応する支持体 2 4 の領域 2 4 a は縮み変形のため表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。従って、上記のような支持体 2 1、2 2、2 3、2 4 の相互作用による変形の結果、図 9 または図 1 1（a）に示すミラー 2 の点 2 d が最上点方向となり点 2 a が最下点方向となり、ミラー 2 は Y 軸を中心に回転し、反射面を + X 方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 1 の方向に偏向されることになる。

【 0 0 4 1 】

また、図 3 における点 2 へ光偏向を行う場合には、駆動手段 2 6 を +1（伸び変形）で、駆動手段 2 8 を -1（縮み変形）で、また駆動手段 2 5、2 7 は 0（初期状態）で駆動することにより達成することができる。この場合、駆動手段 2 6 に対応する支持体 2 2 の領域 2 2 a は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 2 8 に対応する支持体 2 4 の領域 2 4 a は、表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。

## 【 0 0 4 2 】

また、駆動手段 2 5、2 7 に対応する支持体 2 1、2 3 の領域 2 1 a、2 3 a は反り変形を発生させる駆動状態にない。従って、上記のような支持体 2 1、2 2、2 3、2 4 の相互作用による変形の結果、図 9 または図 1 1（b）に示すミラー 2 の点 2 b d が最上点方向となり点 2 a c が最下点方向となり、ミラー 2 は -45° 軸を中心に回転し、反射面を第 1 象限方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 2 の方向に偏向されることになる。

## 【 0 0 4 3 】

更に、図 3 における点 3 へ光偏向を行う場合には、駆動手段 2 6、2 7 を +1（伸び変形）で、駆動手段 2 5、2 8 を -1（縮み変形）で駆動することにより達成することができる。この場合、駆動手段 2 6 に対応する支持体 2 2 の領域 2 2 a 及び駆動手段 2 7 に対応する支持体 2 3 の領域 2 3 a は、表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 2 5 に対応する支持体 2 1 の領域 2 1 a 及び駆動手段 2 8 に対応する支持体 2 4 の領域 2 4 a は、表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。従って、上記のような支持体 2 1、2 2、2 3、2 4 の相互作用による変形の結果、図 9 または図 1 1（c）に示すミラー 2 の点 2 b が最上点方向となり点 2 c が最下点方向となり、ミラー 2 は X 軸を中心に回転し、反射面を +Y 方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー 2 における反射光は点 3 の方向に偏向されることになる。

## 【 0 0 4 4 】

更にまた、図 3 における点 8 へ光偏向を行う場合には、駆動手段 2 5 を +1（

伸び変形)で、駆動手段27を-1(縮み変形)で、また駆動手段26、28は0(初期状態)で駆動することにより達成することができる。この場合、駆動手段25に対応する支持体21の領域21aは表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段27に対応する支持体23の領域23aは、表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。

## 【0045】

また、駆動手段26、28に対応する支持体22、24の領域22a、24aは反り変形を発生させる駆動状態にない。従って、上記のような支持体21、22、23、24の相互作用による変形の結果、図9または図11(d)に示すミラー2の点2cdが最上点方向となり点2abが最下点方向となり、ミラー2は+45°軸を中心に回転し、反射面を第4象限方向に向けて傾斜する。こうして、ミラー2における反射光は点8の方向に偏向されることになる。

## 【0046】

他の方向への光偏向は、同様にして駆動手段25、26、27、28の変形をそれぞれ適当に制御することにより達成される。さらに、駆動手段25、26、27、28の変形量をそれぞれ適当に制御すれば図3の投影領域の任意の点へ光を偏向することが可能となる。

なお、駆動手段25、26、27、28の制御における注意点は、第1実施形態の説明と同様であるので、ここでの説明は省略する。

## 【0047】

本発明の第3実施形態の光偏向器20は、上述したように、ミラー2の外縁に沿ってそれぞれ同方向に1/4周して備えた4本の支持体21、22、23、24でミラー2を支持し、各支持体21、22、23、24の表面に電圧制御でミラー2の法線方向への凹凸変形動作をなす圧電薄膜からなる駆動手段25、26、27、28を備えたものである。狭い領域においても支持体21、22、23、24を長く形成することができるので、小さな駆動エネルギーで大きなミラー傾斜角を得ることができ、高効率な光偏向器20を提供することができる。

本発明の第3実施形態においてもその駆動手段25、26、27、28が圧電

薄膜である場合を例に説明したが、第 1 実施形態と同様にこれに限定されるものではない。

#### 【 0 0 4 8 】

次に、本発明の第 4 実施形態について説明する。

図 1 2 は、本発明の第 4 実施形態に係る光偏向器の概略斜視図である。図 1 と同一の要素については同一符号を用いて説明する。

図 1 2 において、3 0 は光偏向器であり、円盤状のミラー 2 と、板状の細長い支持体 3 1、3 2 と、枠部 4 とを有する。ここで、支持体 3 1、3 2 はミラー 2 の中心 O を円の中心とする互いに異なる半径の同心円状をなし、ミラー 2 と同一平面内にあって、その外縁に沿って略 3 6 0 度周回して備えたものである。そして、内側に配設した支持体 3 2 の一端はミラー 2 の端部 2 a に接続し、他端は接続部 3 3 によって支持体 3 2 の外側に配設した支持体 3 1 の一端に接続している。さらに、支持体 3 1 の他端は接続部 3 4 によって枠部 4 に接続している。

#### 【 0 0 4 9 】

また、ミラー 2 の中心 O とミラー端部 2 a とを結ぶ線を X 軸とし、中心 O を通りミラー 2 の面内で X 軸に直交する線を Y 軸としたとき、当該 X 軸および Y 軸によって分割されて得られる第 1 象限に対応した支持体 3 1 の表面領域 3 1 a には駆動手段 3 5 a が、また、第 1 象限に対応した支持体 3 2 の表面領域 3 2 a には駆動手段 3 6 a が備えられている。同様に、第 2 象限に対応した支持体 3 1 の表面領域 3 1 b には駆動手段 3 5 b が、支持体 3 2 の表面領域 3 2 b には駆動手段 3 6 b が、第 3 象限に対応した支持体 3 1 の表面領域 3 1 c には駆動手段 3 5 c が、支持体 3 2 の表面領域 3 2 c には駆動手段 3 6 c が、さらに、第 4 象限に対応した支持体 3 1 の表面領域 3 1 d には駆動手段 3 5 d が、支持体 3 2 の表面領域 3 2 d には駆動手段 3 6 d がそれぞれ備えられている。

#### 【 0 0 5 0 】

ここで、駆動手段 3 5 a 乃至 3 5 d 及び 3 6 a 乃至 3 6 d は、図 2 に示した駆動手段と同様に圧電薄膜を電極で挟持した構成を有しており、各駆動手段に制御電圧を供給する図示せぬ配線は、支持体 3 1 及び 3 2 の表面に沿って備えられている。

## 【 0 0 5 1 】

次に、本発明の第 4 実施形態の動作を説明する。

本発明の第 4 実施形態に係る光偏向器の動作は、図 3、図 1 2 乃至図 1 4 を参照して説明される。

図 1 3 は、図 3 における投影位置とそのときの各駆動手段の駆動状態を示した図であり、図 1 4 は図 1 3 の駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。ここで、図 3 と図 1 2 の座標軸は互いに対応している。また、説明の便宜から図 1 2 においては、ミラー 2 の円周と X 軸の交点を X 1 として、その点を反時計回りに  $45^{\circ}$  づつ回転させた点をそれぞれ X 2、X 3、X 4、X 5、X 6、X 7、X 8 とし、図 3 の投影位置方向と対応させている。また、図 1 4 においては、X 1 ~ X 8 の表示は図面が煩雑になることを考慮して省略した。

## 【 0 0 5 2 】

まず、図 3 において光を中心 0 から点 1 に偏向する場合について説明する。この場合、図 1 3 に示すように駆動手段 3 5 a、3 5 b は - 1 (縮み変形)、駆動手段 3 5 c、3 5 d は + 1 (伸び変形) で駆動される。さらに、駆動手段 3 6 a、3 6 b は + 1 (伸び変形)、駆動手段 3 6 c、3 6 d は - 1 (縮み変形) で駆動される。このとき、駆動手段 3 5 a、3 5 b に対応する支持体 3 1 の領域 3 1 a、3 1 b は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 3 5 c、3 5 d に対応する支持体 3 1 の領域 3 1 c、3 1 d は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。

## 【 0 0 5 3 】

同様に、駆動手段 3 6 a、3 6 b に対応する支持体 3 2 の領域 3 2 a、3 2 b は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 3 6 c、3 6 d に対応する支持体 3 2 の領域 3 2 c、3 2 d は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。従って、上記のような支持体 3 1、3 2 の相互作用による変形の結果、図 1 2 または図 1 4 (a) に示すミラー 2 の点 X 5 が最上点方向となり点 X 1 が最下点方向となり、ミラー 2 は Y 軸を中心として回転し、反射面を + X 方向に向けて傾斜し、当該ミラー 2 の反射面における反射光を図 3 の点 1 方向に偏向させる。

## 【 0 0 5 4 】

次に、図 3 において光を中心 0 から点 2 に偏向する場合について説明する。この場合、駆動手段 3 5 b は - 1 (縮み変形)、駆動手段 3 5 d は + 1 (伸び変形)、駆動手段 3 5 a、3 5 c は 0 (初期状態) で駆動される。さらに、駆動手段 3 6 b は + 1 (伸び変形)、駆動手段 3 6 d は - 1 (縮み変形)、駆動手段 3 6 a、3 6 c は 0 (初期状態) で駆動される。このとき、駆動手段 3 5 a、3 5 c、3 6 a、3 6 c は 0 で駆動されるため、それぞれに対応する領域 3 1 a、3 1 c、3 2 a、3 2 c は反り変形を発生させる駆動状態にない。

## 【 0 0 5 5 】

また、駆動手段 3 5 b、3 6 d は - 1 で駆動されるため、それぞれに対応する領域 3 1 b、3 2 d は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 3 5 d、3 6 b は + 1 駆動であるため、それぞれに対応する領域 3 1 d、3 2 b は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。従って、上記のような支持体 3 1、3 2 の相互作用による変形の結果、図 1 2 または図 1 4 (b) に示すミラー 2 の点 X 6 が最上点方向となり点 X 2 が最下点方向となり、ミラー 2 は図 1 2 の X Y 座標における - 4.5° 軸を中心として回転し、図 1 4 (b) に示すように反射面を第 1 象限方向に向けて傾斜し、当該ミラー 2 の反射面における反射光を図 3 の点 2 方向に偏向させる。

## 【 0 0 5 6 】

次に、図 3 において、光を中心 0 から点 3 に偏向する場合について説明する。この場合、駆動手段 3 5 a、3 5 d、3 6 b、3 6 c は + 1 (伸び変形) で駆動され、それぞれに対応する領域 3 1 a、3 1 d、3 2 b、3 2 c は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 3 5 b、3 5 c、3 6 a、3 6 d は - 1 (縮み変形) で駆動されるから、それぞれに対応する領域 3 1 b、3 1 c、3 2 a、3 2 d は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。従って、上記のような支持体 3 1、3 2 の相互作用による変形の結果、図 1 2 または図 1 4 (c) に示すミラー 2 の点 X 7 が最上点方向となり点 X 3 が最下点方向となり、ミラー 2 は図 1 2 の X 軸



を中心として回転し、図 1 4 (c) に示すように反射面を +Y 方向に向けて傾斜し、当該ミラー 2 の反射面における反射光を図 3 の点 3 方向に偏向させる。

## 【 0 0 5 7 】

次に、図 3 において光を中心 0 から点 8 に偏向する場合について説明する。この場合、駆動手段 3 5 a、3 6 c は -1 (縮み変形) で駆動され、それぞれに対応する領域 3 1 a、3 2 c は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 3 5 c、3 6 a は +1 (伸び変形) 駆動であるから、それぞれに対応する領域 3 1 c、3 2 a は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、駆動手段 3 5 b、3 5 d、3 6 b、3 6 d は 0 (初期状態) で駆動されるから、それぞれに対応する領域 3 1 b、3 1 d、3 2 b、3 2 d は反り変形を発生させる駆動状態にない。

## 【 0 0 5 8 】

従って、上記のような支持体 3 1、3 2 の相互作用による変形の結果、図 1 2 または図 1 4 (d) に示すミラー 2 の点 X 4 が最上点方向となり点 X 8 が最下点方向となり、ミラー 2 は図 1 2 の X Y 座標における +45° 軸を中心として回転し、図 1 4 (d) に示すように反射面を第 4 象限方向に向けて傾斜し、当該ミラー 2 の反射面における反射光を図 3 の点 8 方向に偏向させる。

## 【 0 0 5 9 】

なお、駆動手段 3 5 a 乃至 3 5 d、3 6 a 乃至 3 6 d の制御における注意点は、ミラー 2 の中心に対して互いに対称に位置する駆動手段 3 5 a と 3 5 c または 3 6 a と 3 6 c、3 5 b と 3 5 d または 3 6 b と 3 6 d に与える印加電圧が共にゼロまたは逆極性となるようにし、かつその絶対値が等しくなるようにするとともに、同一の分割領域に配設された複数の駆動手段、即ち 3 5 a と 3 6 a、3 5 b と 3 6 b、3 5 c と 3 6 c、3 5 d と 3 6 d に与える印加電圧が共にゼロまたは半径方向に極性が交互に変化するように制御することである。このルールを無視した場合には、ミラー 2 は回転動作を呈するものの、当該ミラー 2 の Z 方向への並進成分の動きを伴い、安定した重心位置での偏向動作をさせることができない。

## 【 0 0 6 0 】

本発明の第4実施形態は、上記したようにミラー2を支える支持体が互いに半径の異なる二つの細長い板状の支持体31、32を、ミラー2と同一平面内にあって、その外縁に沿って略360度周回して備え、且つ互いにその一端を接続して連続した一本の支持体を構成したものであり、ミラー2の中心に対して略90°の角度で4分割された上記支持体31、32の各領域に、ミラー2の法線方向への反り変形を呈する駆動手段35a～35d、36a～36dを備えたものである。

#### 【0061】

ミラー2の回動は、ミラー2を保持する1本の支持体の反り変形によって生じる当該支持体の傾きと一体的に発生するものであるために、ミラー2に対しては何ら応力が加わることがない。それ故、ミラー2が回動してもミラー平面性を損なうことがなく、良好かつ安定した光路偏向が可能となり、高性能な光偏向器30を提供することができる。

また、第1実施形態に比べ支持体の実質的長さを長くできることから、より小さなエネルギーでより大きなミラー傾斜角を得ることができる。

本発明の第4実施形態においてもその駆動手段35a～35d、36a～36dが圧電薄膜である場合を例に説明したが、第1実施形態と同様にこれに限定されるものではない。

#### 【0062】

次に、本発明の第5実施形態について説明する。

図15は、本発明の第5実施形態に係る光偏向器の概略斜視図である。図1と同一の要素については同一符号を用いて説明する。

図15において、40は光偏向器であり、円盤状のミラー2と、板状の細長い支持体41、42、43、44と、枠部4とを有する。ここで、支持体41、42、43及び44はミラー2の中心Oを円の中心とする互いに異なる半径の同心円状をなし、ミラー2と同一平面内にあって、その外縁に沿って略180度にわたって半周して備えたものである。上記した支持体41、42のうち内周側に配設した支持体42の一端はミラー2の端部2cに接続し、他端は接続部49によって外周側に配設した支持体41の一端に接続している。さらに、支持体41の

他端は接続部 5 2 によって枠部 4 に接続している。また、上記した支持体 4 3、4 4 のうち内周側に配設した支持体 4 4 の一端はミラー 2 の上記端部 2 c と中心対称に位置する端部 2 b に接続し、他端は接続部 5 0 によって外周側に配設した支持体 4 3 の一端に接続している。さらに、支持体 4 3 の他端は接続部 5 1 によって枠部 4 に接続している。

#### 【 0 0 6 3 】

また、ミラー 2 の端部 2 b、2 c とを結ぶ線を Y 軸とし、中心 O を通りミラー 2 の面内で Y 軸に直交する線を X 軸としたとき、当該 X 軸および Y 軸によって分割されて得られる第 1 象限に対応した支持体 4 1 の表面領域 4 1 a には駆動手段 4 5 a が、また、第 1 象限に対応した支持体 4 2 の表面領域 4 2 a には駆動手段 4 6 a が備えられている。同様に、第 4 象限に対応した支持体 4 1 の表面領域 4 1 b には駆動手段 4 5 b が、支持体 4 2 の表面領域 4 2 b には駆動手段 4 6 b が、第 3 象限に対応した支持体 4 3 の表面領域 4 3 a には駆動手段 4 7 a が、支持体 4 4 の表面領域 4 4 a には駆動手段 4 8 a が、さらに、第 2 象限に対応した支持体 4 3 の表面領域 4 3 b には駆動手段 4 7 b が、支持体 4 4 の表面領域 4 4 b には駆動手段 4 8 b がそれぞれ備えられている。ここで、駆動手段 4 5 a、4 5 b、4 6 a、4 6 b、4 7 a、4 7 b、4 8 a 及び 4 8 b は、図 2 に示した駆動手段と同様に圧電薄膜を電極で挟持した構成を有しており、各駆動手段に制御電圧を供給する図示せぬ配線は、支持体 4 1、4 2、4 3、4 4 の表面に沿って備えられている。

#### 【 0 0 6 4 】

次に、本発明の第 5 実施形態の動作を説明する。

本発明の第 5 実施形態に係る光偏向器の動作は、図 3、図 1 5 乃至図 1 7 を参照して説明される。

図 1 6 は、図 3 における投影位置とそのときの各駆動手段の駆動状態を示した図であり、図 1 7 は図 1 6 の駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。ここで、図 3 と図 1 5 及び図 1 7 の座標軸は互いに対応している。また、説明の便宜から図 1 5 においては、ミラー 2 の円周と X 軸の交点を X 1 として、その点を反時計回りに 4 5° ずつ回転させた点をそれぞれ X 2、X 3、

X 4、X 5、X 6、X 7、X 8とし、図 3 の投影位置方向と対応させている。また、図 1 7 においては、X 1 ~ X 8 の表示は図面が煩雑になることを考慮して省略した。

## 【 0 0 6 5 】

まず、図 3 において光を中心 0 から点 1 に偏向する場合について説明する。この場合、図 1 6 に示すように駆動手段 4 5 a、4 6 b、4 7 b、4 8 a は + 1 (伸び変形) 駆動し、それぞれに対応する領域 4 1 a、4 2 b、4 3 b、4 4 a は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、駆動手段 4 5 b、4 6 a、4 7 a、4 8 b は - 1 (縮み変形) で駆動されるため、それぞれに対応する領域 4 1 b、4 2 a、4 3 a、4 4 b は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。

## 【 0 0 6 6 】

従って、上記のような支持体 4 1、4 2、4 3、4 4 の相互作用による変形の結果、図 1 5 または図 1 7 (a) に示すミラー 2 の点 X 5 が最上点方向となり点 X 1 が最下点方向となり、ミラー 2 は図 1 5 の Y 軸を中心として回転し、図 1 7 (a) に示すように反射面を + X 方向に向けて傾斜し、当該ミラー 2 の反射面における反射光を図 3 の点 1 方向に偏向させる。

## 【 0 0 6 7 】

次に、図 3 において光を中心 0 から点 2 に偏向する場合について説明する。この場合、図 1 6 に示すように駆動手段 4 5 b、4 8 b は - 1 (縮み変形) 駆動し、それぞれに対応する領域 4 1 b、4 4 b は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 4 6 b、4 7 b は + 1 (伸び変形) で駆動されるから、それぞれに対応する領域 4 2 b、4 3 b は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、4 5 a、4 6 a、4 7 a、4 8 a は 0 (初期状態) で駆動され、それぞれに対応する領域 4 1 a、4 2 a、4 3 a、4 4 a は反り変形を発生させる駆動状態にない。

## 【 0 0 6 8 】

従って、上記のような支持体 4 1、4 2、4 3、4 4 の相互作用による変形の結果、図 1 5 または図 1 7 (b) に示すミラー 2 の点 X 6 が最上点方向となり点

X 2 が最下点方向となり、ミラー 2 は図 1 5 の X Y 座標軸における  $-45^\circ$  軸を中心として回転し、図 1 7 (b) に示すように反射面を第 1 象限方向に向けて傾斜し、当該ミラー 2 の反射面における反射光を図 3 の点 2 方向に偏向させる。

## 【 0 0 6 9 】

次に、図 3 において、光を中心 0 から点 3 に偏向する場合について説明する。この場合、図 1 6 に示すように駆動手段 4 5 a、4 5 b、4 8 a、4 8 b は  $-1$  (縮み変形) 駆動し、それぞれに対応する領域 4 1 a、4 1 b、4 4 a、4 4 b は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また、駆動手段 4 6 a、4 6 b、4 7 a、4 7 b は  $+1$  (伸び変形) で駆動されるため、それぞれに対応する領域 4 2 a、4 2 b、4 3 a、4 3 b は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。

## 【 0 0 7 0 】

従って、上記のような支持体 4 1、4 2、4 3、4 4 の相互作用による変形の結果、図 1 5 または図 1 7 (c) に示すミラー 2 の点 X 7 が最上点方向となり点 X 3 が最下点方向となり、ミラー 2 は図 1 5 の X 軸を中心として回転し、図 1 7 (c) に示すように反射面を  $+Y$  方向に向けて傾斜し、当該ミラー 2 の反射面における反射光を図 3 の点 3 方向に偏向させる。

## 【 0 0 7 1 】

次に、図 3 において光を中心 0 から点 8 に偏向する場合について説明する。この場合、図 1 6 に示すように駆動手段 4 5 a、4 8 a は  $+1$  (伸び変形) で駆動し、それぞれに対応する領域 4 1 a、4 4 a は表面が凸で裏面が凹となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなり、駆動手段 4 6 a、4 7 a は  $-1$  (縮み変形) で駆動させるから、それぞれに対応する領域 4 2 a、4 3 a は表面が凹で裏面が凸となる反り変形を発生させる駆動状態にあることとなる。また駆動手段 4 5 b、4 6 b、4 7 b、4 8 b は 0 (初期状態) で駆動され、それぞれに対応する領域 4 1 b、4 2 b、4 3 b、4 4 b は反り変形を発生させる駆動状態にない。

## 【 0 0 7 2 】

従って、上記のような支持体 4 1、4 2、4 3、4 4 の相互作用による変形の

結果、図 1 5 または図 1 7 (d) に示すミラー 2 の点 X 4 が最上点方向となり点 X 8 が最下点方向となり、ミラー 2 は図 1 5 の X Y 座標軸における  $+45^\circ$  軸を中心として回転し、図 1 7 (d) に示すように反射面を第 4 象限方向に向けて傾斜し、当該ミラー 2 の反射面における反射光を図 3 の点 8 方向に偏向させる。なお、駆動手段 4 5 a、4 5 b、4 6 a、4 6 b、4 7 a、4 7 b、4 8 a 及び 4 8 b の制御における注意点は、第 4 実施形態の説明と同様であるので、ここでの説明は割愛する。

## 【 0 0 7 3 】

本発明の第 5 実施形態は、上記したようにミラー 2 を 2 点で支える支持体 4 1、4 2、4 3、4 4 がミラー 2 の中心を円の中心とする互いに異なる半径の同心円状をなし、ミラー 2 の外縁に沿って略  $180^\circ$  にわたって半周して備えたものであり、内周側に配設した支持体 4 1、4 2、4 3、4 4 の一端と外周側に配設した支持体の一端に接続して実質 1 本の支持体を構成するとともに、ミラー 2 の中心に対して略  $90^\circ$  の角度で 4 分割された上記支持体 4 1、4 2、4 3、4 4 の各領域に、ミラー 2 の法線方向への反り変形を呈する駆動手段 4 5 a、4 5 b、4 6 a、4 6 b、4 7 a、4 7 b、4 8 a、4 8 b を備えたものである。

ミラー 2 の回転は、ミラー 2 を保持する 2 本の支持体の反り変形によって生じる当該支持体の傾きと一体的に発生するものであるために、ミラー 2 に対しては何ら応力が加わることがない。それ故、ミラー 2 が回転してもミラー平面性を損なうことがなく、良好かつ安定した光路変更が可能となり、高性能な光偏向器 4 0 を提供することができる。

## 【 0 0 7 4 】

また、第 2 実施形態に比べ支持体の実質的長さを長くできることから、より小さなエネルギーでより大きなミラー傾斜角を得ることができる。

本発明の第 5 実施形態においてもその駆動手段 4 5 a、4 5 b、4 6 a、4 6 b、4 7 a、4 7 b、4 8 a、4 8 b が圧電薄膜である場合を例に説明したが、第 1 実施形態と同様にこれに限定されるものではない。

## 【 0 0 7 5 】

また、本発明の光偏向器は、マイクロマシニング技術を適用して作製すること

ができるため、1枚のウエハ内にマトリクス状に複数配列して形成することも可能であることから、複数の通信用光ファイバーの光路を切替えるためのクロスコネクト用光スイッチにも適用可能である。

# 【 0 0 7 6 】

## 【発明の効果】

以上詳細に説明してきて明らかなように、本発明の光偏向器は、回転するミラーの外縁に沿って備えた板状の細長い1本または複数本の支持体でミラーを支持し、支持体の所定の分割領域に備えた電圧制御で伸縮変形する駆動手段により支持体を凹凸に反りさせて、それにより生じる当該支持体の傾斜と一体的にミラーを傾斜させ回転させる光偏向器であるので、ミラー自体に対しては駆動力が直接加わることがない。それ故、ミラーが回転してもミラー平面性を損なうことがなく、良好かつ安定した光路偏向が可能となり、高性能な光偏向器を提供することができる。

また、本発明の光偏向器は、マイクロマシニング技術を適用して作成することができるので小型化が容易であると共に、複数の光偏向器をマトリクス状に配置して形成した光通信用のクロスコネクトスイッチとして適用することができる効果を有する。

さらにまた、ミラー中心に対して互いに対称の位置にある駆動手段に対して逆極性であって、かつ絶対値の等しい印加電圧を与えることにより、ミラーに安定した回転動作を行われることが可能である。

## 【図面の簡単な説明】

### 【図1】

本発明の第1実施形態の概略構成を示した斜視図である。

### 【図2】

本発明に適用される駆動手段の概略構成を示した分解斜視図である。

### 【図3】

光偏器によって偏向された光の投影領域を示す図である。

### 【図4】

本発明の第1実施形態における光の偏向方向と各駆動手段の駆動状態との関係

を説明するための図である。

【図 5】

図 4 の主な駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。

【図 6】

本発明の第 2 実施形態の概略構成を示した斜視図である。

【図 7】

本発明の第 2 実施形態における光の偏向方向と各駆動手段の駆動状態との関係を説明するための図である。

【図 8】

図 7 の駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。

【図 9】

本発明の第 3 実施形態の概略構成を示した斜視図である。

【図 1 0】

本発明の第 3 実施形態における光の偏向方向と各駆動手段の駆動状態との関係を説明するための図である。

【図 1 1】

図 1 0 の駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。

【図 1 2】

本発明の第 4 実施形態の概略構成を示した斜視図である。

【図 1 3】

本発明の第 4 実施形態における光の偏向方向と各駆動手段の駆動状態との関係を説明するための図である。

【図 1 4】

図 1 3 の駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。

【図 1 5】

本発明の第 5 実施形態の概略構成を示した斜視図である。

【図 1 6】

本発明の第 5 実施形態における光の偏向方向と各駆動手段の駆動状態との関係を説明するための図である。



【図 1 7】

図 1 6 の駆動状態に対応したミラーの傾斜状態を示した概略斜視図である。

【図 1 8】

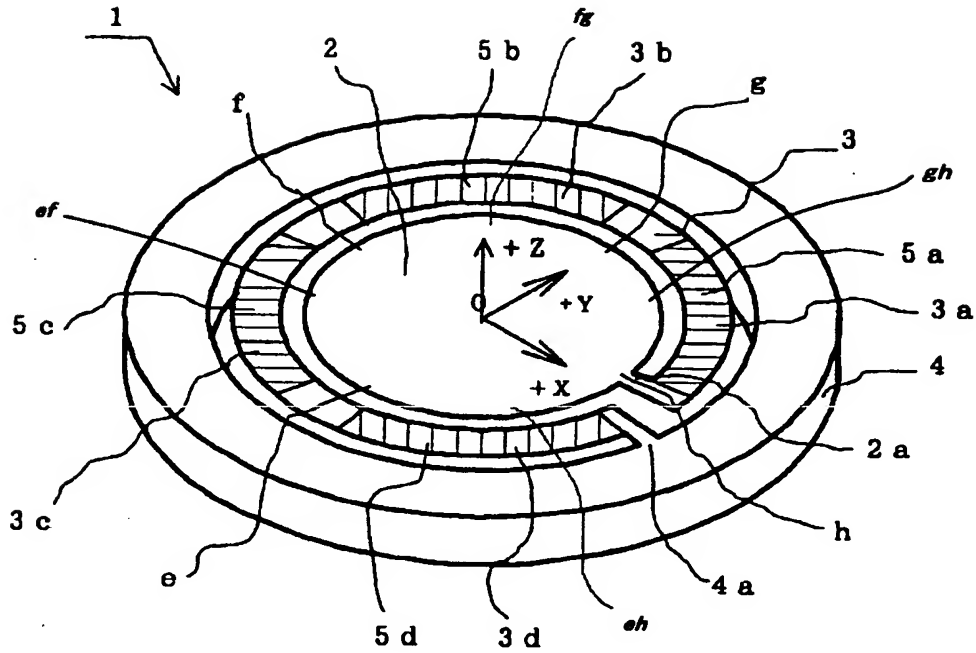
従来技術になる光偏向器の概略斜視図である。

【符号の説明】

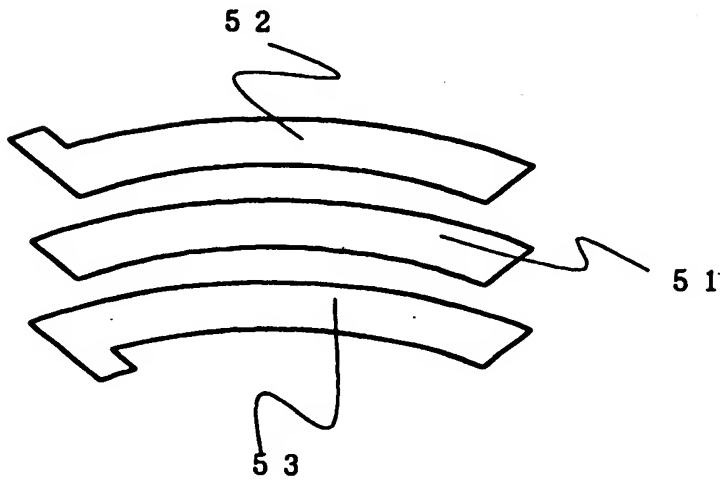
1, 1 0, 2 0, 3 0, 4 0…光偏向器、2…ミラー、2 a, 2 b, 2 c…ミラー端部、3, 1 1, 1 2, 2 1, 2 2, 2 3, 2 4, 3 1, 3 2, 4 1, 4 2, 4 3, 4 4…支持体、4…枠部、5 a, 5 b, 5 c, 5 d, 1 3 a, 1 3 b, 1 4 a, 1 4 b, 2 5, 2 6, 2 7, 2 8, 3 5 a, 3 5, 3 5 c, 3 5 d, 3 6 a, 3 6 b, 3 6 c, 3 6 d, 4 5 a, 4 5 b, 4 6 a, 4 6 b, 4 7 a, 4 7 b, 4 8 a, 4 8 b…駆動手段

【書類名】 図面

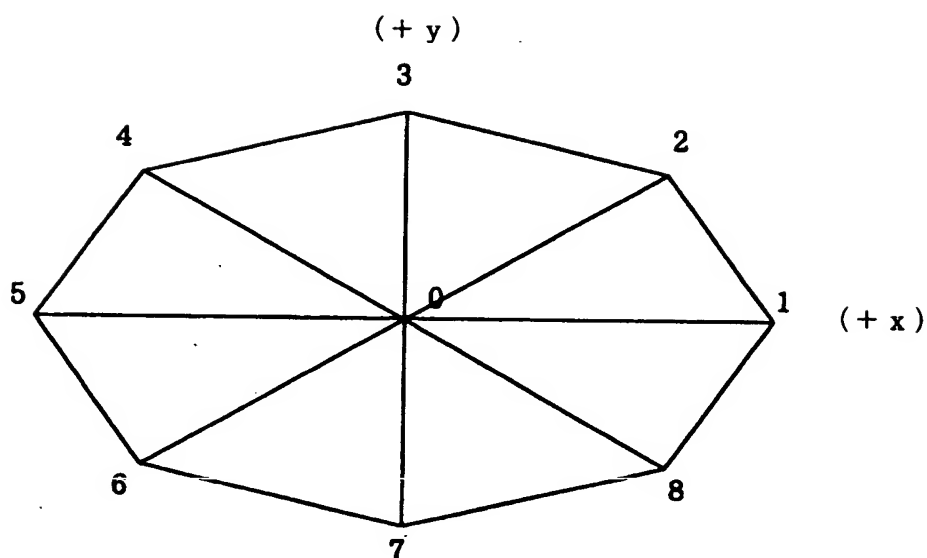
【図 1】



【図 2】



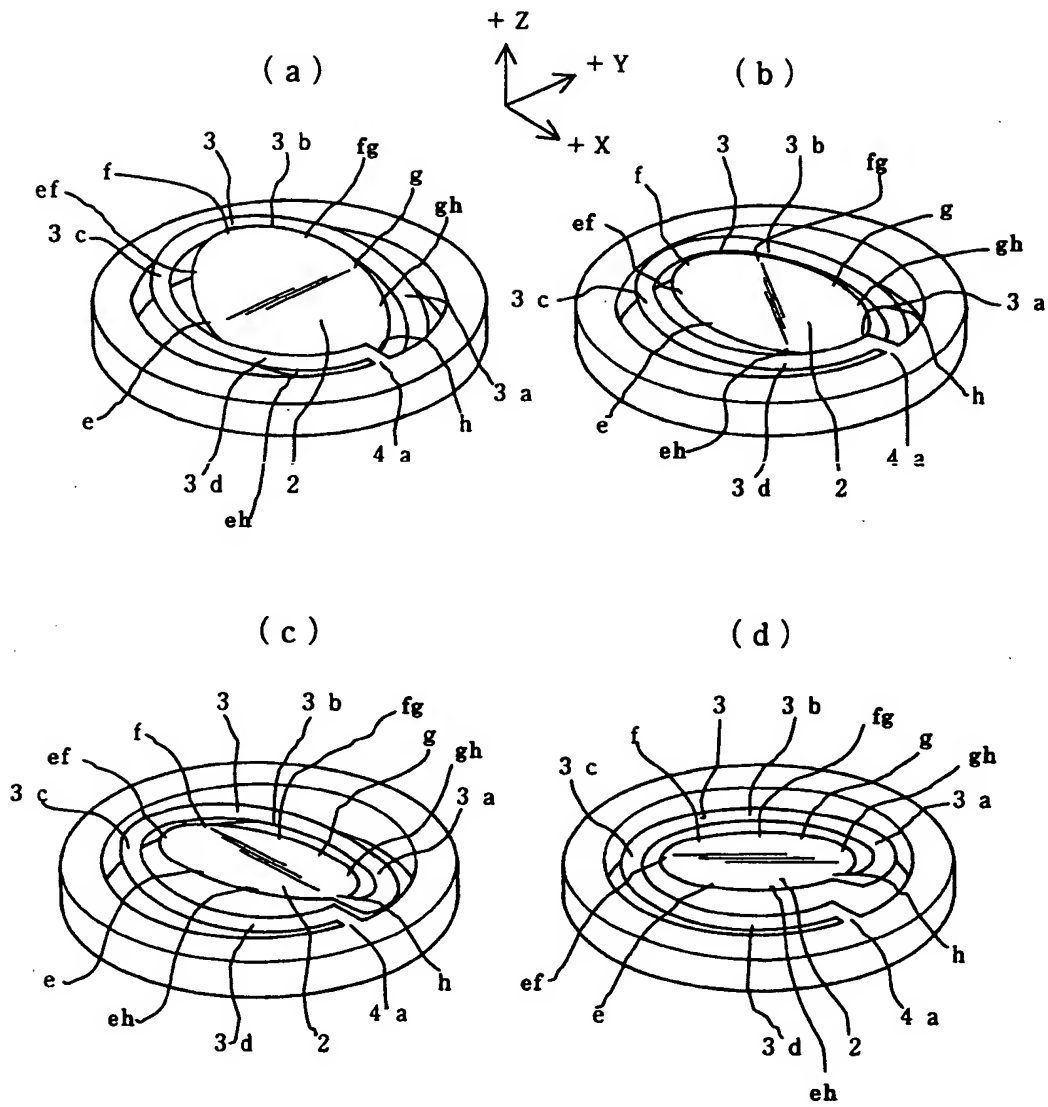
【図 3】



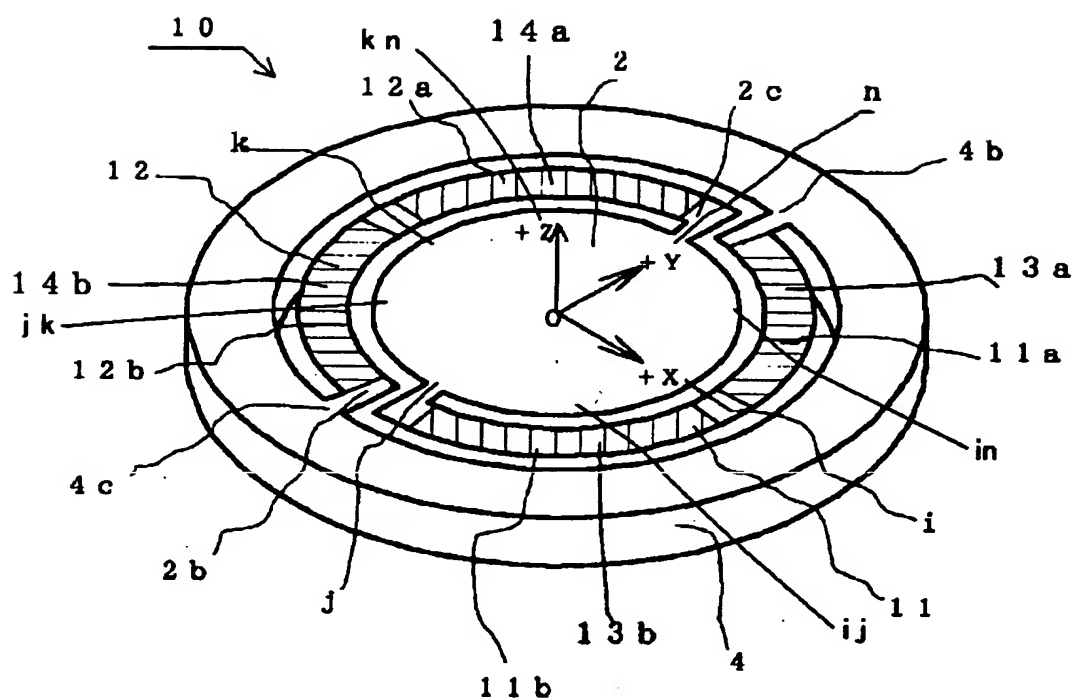
【図 4】

図 3 投影位置	1	2	3	4	5	6	7	8
	各駆動手段の駆動状態							
駆動手段 5 a	+1	0	-1	-1	-1	0	+1	+1
駆動手段 5 b	+1	+1	+1	0	-1	-1	-1	0
駆動手段 5 c	-1	0	+1	+1	+1	0	-1	-1
駆動手段 5 d	-1	-1	-1	0	+1	+1	+1	0

【図5】



【图 6】

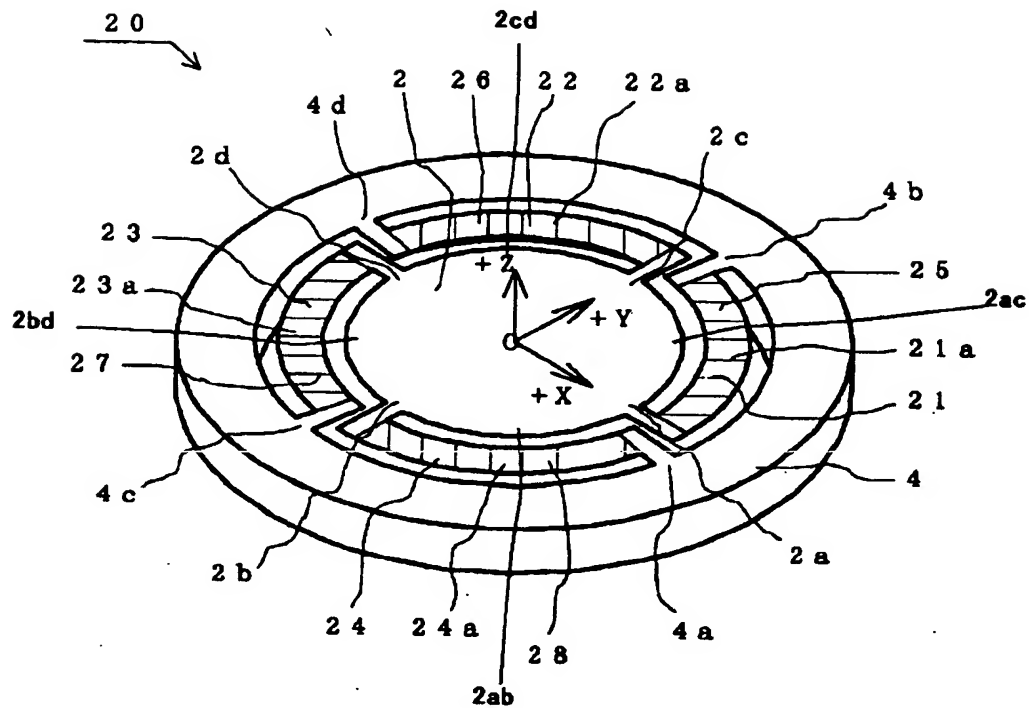


【图7】

図 3 投影位置	1	2	3	8
	駆動手段の駆動状態			
駆動手段 1 3 a	+ 1	0	- 1	+ 1
駆動手段 1 3 b	- 1	- 1	- 1	0
駆動手段 1 4 a	+ 1	+ 1	+ 1	0
駆動手段 1 4 b	- 1	0	+ 1	- 1



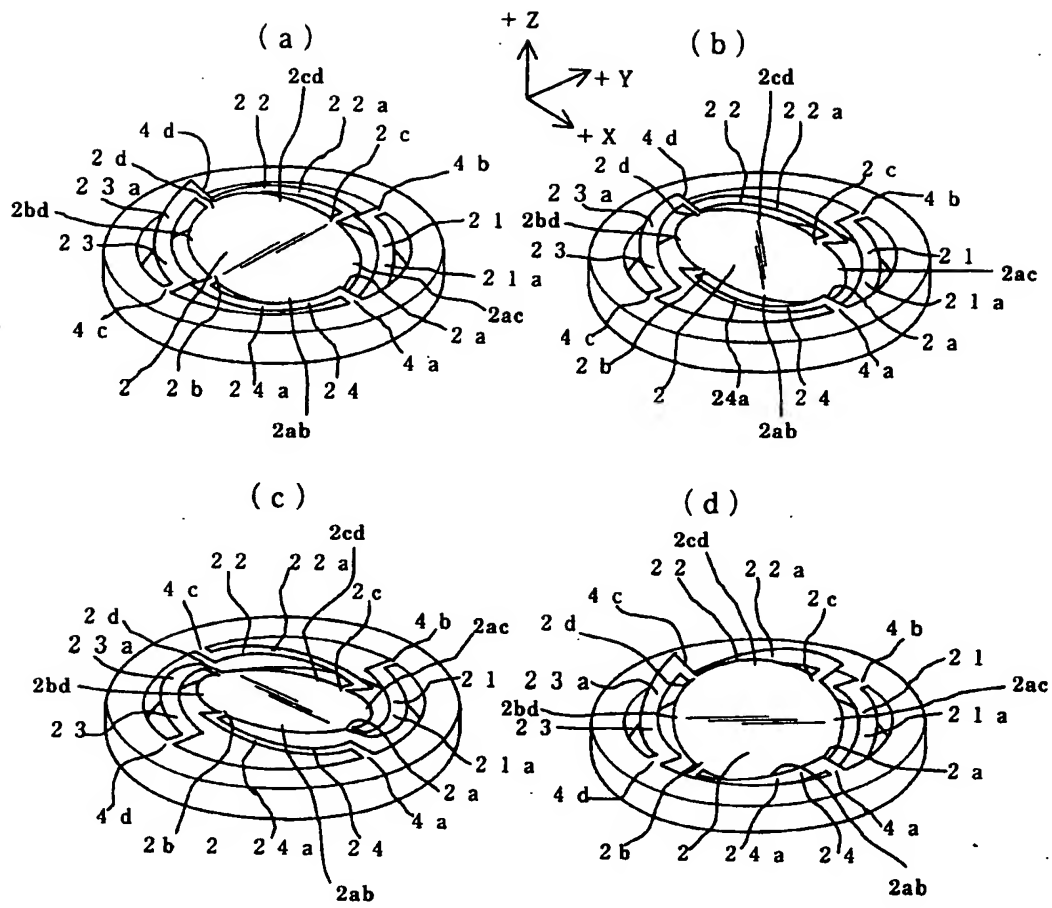
【図9】



【図10】

図3 投影位置	1	2	3	8
	駆動手段の駆動状態			
駆動手段 25	+1	0	-1	+1
駆動手段 26	+1	+1	+1	0
駆動手段 27	-1	0	+1	-1
駆動手段 28	-1	-1	-1	0

【図 11】



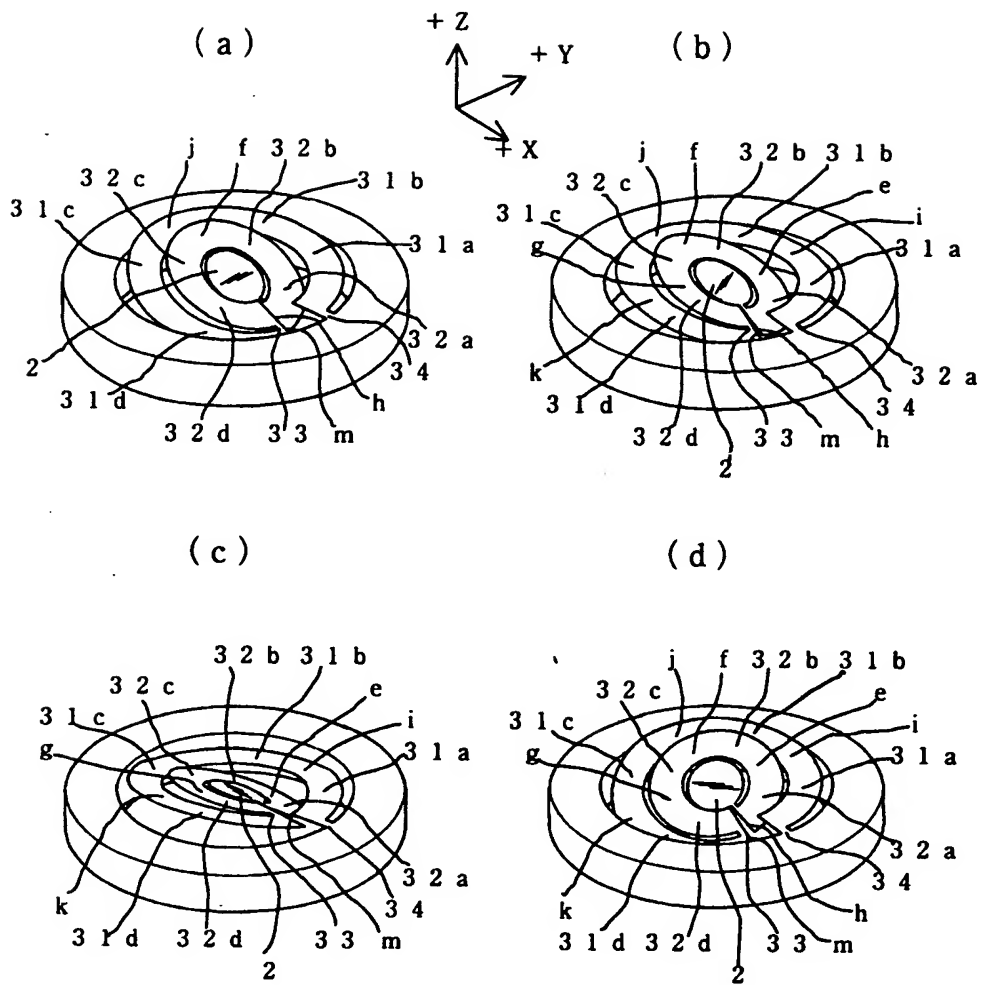




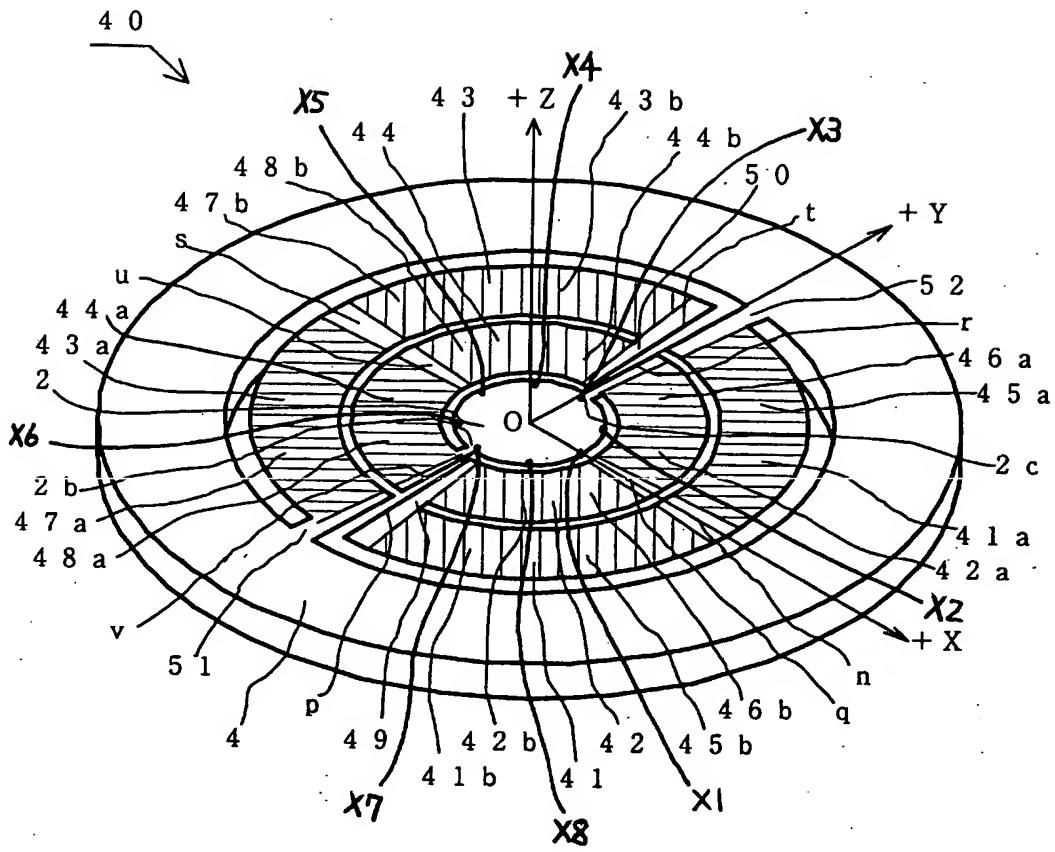
【図 1 3】

図 3 投影位置	1	2	3	8
	各駆動手段の駆動状態			
駆動手段 3 5 a	- 1	0	+ 1	- 1
駆動手段 3 5 b	- 1	- 1	- 1	0
駆動手段 3 5 c	+ 1	0	- 1	+ 1
駆動手段 3 5 d	+ 1	+ 1	+ 1	0
駆動手段 3 6 a	+ 1	0	- 1	+ 1
駆動手段 3 6 b	+ 1	+ 1	+ 1	0
駆動手段 3 6 c	- 1	0	+ 1	- 1
駆動手段 3 6 d	- 1	- 1	- 1	0

【図14】



【図15】

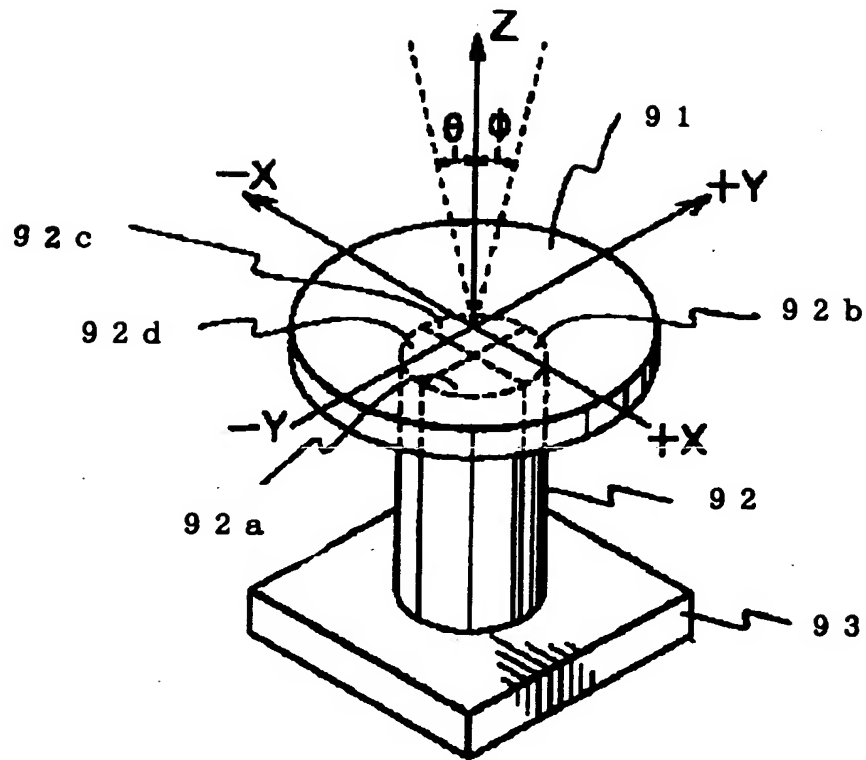


【図 1 6】

図 3 投影位置	1	2	3	8
	各駆動手段の駆動状態			
駆動手段 4 5 a	+ 1	0	- 1	+ 1
駆動手段 4 5 b	- 1	- 1	- 1	0
駆動手段 4 6 a	- 1	0	+ 1	- 1
駆動手段 4 6 b	+ 1	+ 1	+ 1	0
駆動手段 4 7 a	- 1	0	+ 1	- 1
駆動手段 4 7 b	+ 1	+ 1	+ 1	0
駆動手段 4 8 a	+ 1	0	- 1	+ 1
駆動手段 4 8 b	- 1	- 1	- 1	0



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マイクロマシニング技術を用いて作製することができる、小型で且つ少ないエネルギーでもって大きな偏向角の得られる光偏向器及びその駆動方法を提供する。

【解決手段】 板状のミラー 2 と、ミラー 2 の外縁端部に接続し、ミラー 2 と同一平面内でその外縁に沿って配設した板状の細長い支持体 3 と、当該支持体 3 を保持する枠部 4 と、支持体 3 を凹凸に反り変形させる駆動手段 5 a、5 b、5 c、5 d とを有する。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004329]

1. 変更年月日 1990年 8月 8日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地  
氏 名 日本ビクター株式会社